

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 15.02.91.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 21.08.92 Bulletin 92/34.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET
DE RECHERCHES AEROSPATIALES Etablissement
Public de l'Etat — FR.

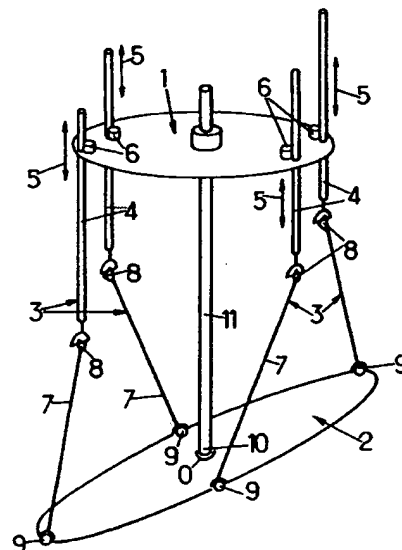
⑦2 Inventeur(s) : Reboulet Claude.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Cabinet Plasseraud.

⑤4 Dispositif d'articulation à structure parallèle et appareils de transmission de mouvement à distance en faisant application.

⑤7 Dispositif d'articulation à structure parallèle comportant: une embase fixe (1); un élément (2) mobile par rapport à l'embase (1) et écarté de celle-ci; plusieurs actionneurs (3) interposés entre l'embase (1) et l'élément mobile (2), chacun de ces actionneurs étant relié à l'élément mobile par une articulation (9) et étant déplaçable individuellement avec un mouvement concomittant (rapprochement ou éloignement) de l'articulation (9) de l'actionneur (3) sur l'élément mobile (2) vis-à-vis de l'embase (1), caractérisé en ce que les actionneurs (3) sont au nombre de quatre et en ce que l'élément mobile (2) présente un point central de pivotement (O), situé entre les articulations (9) des quatre actionneurs.



Dispositif d'articulation à structure parallèle et
appareils de transmission de mouvement à distance en
faisant application.

La présente invention concerne des perfection-
5 nements apportés aux dispositifs d'articulation à
structure parallèle comportant : une embase fixe ; un
élément mobile par rapport à l'embase et écarté de
celle-ci ; plusieurs actionneurs interposés entre
l'embase et l'élément mobile, chacun de ces actionneurs
10 étant relié à l'élément mobile par une articulation et
étant déplaçable individuellement avec un mouvement
concomittant (rapprochement ou éloignement) de l'arti-
culation de l'actionneur sur l'élément mobile vis-à-vis
de l'embase.

15 Plus précisément, l'invention est relative à
ceux de ces dispositifs d'articulation qui sont aptes à
réaliser trois rotations combinées de manière à
autoriser une orientation quelconque de l'élément mobile
(par exemple une plate-forme) par rapport à une embase
20 supposée fixe. Pour fixer les idées, un tel dispositif
peut servir de poignet à l'extrémité d'un bras manipula-
teur ; mais, bien entendu, l'invention n'est pas limitée
à cette seule application.

De façon classique, les dispositifs d'articula-
25 tion à triple possibilités d'articulation en rotation
ont été réalisés en disposant trois articulations
rotatives les unes à la suite des autres (structures
série) ; des variantes de réalisation conduisent soit à
des systèmes série redondants, soit à des systèmes série
30 non redondants.

Bien que ces dispositifs connus présentent des
avantages qui expliquent leur succès, ils présentent
également les défauts inhérents à toute chaîne cinéma-
tique série, savoir le cumul des erreurs individuelles
35 de chaque étage et également le manque de rigidité qui
doit être compensé par des structures massives. De plus,

chaque étage de la structure doit être dimensionné pour supporter toute la partie de la chaîne cinématique située en aval, d'où une masse élevée pour l'ensemble du dispositif.

5 C'est pour tenter de remédier à ces inconvénients qu'ont été développés plus récemment des dispositifs d'articulation à structure parallèle qui allient la rigidité et la légèreté. Parmi les réalisations connues, on citera plus particulièrement celles décrites dans les
10 deux demandes de brevet FR-2 549 916 et FR-2 628 670.

Le dispositif décrit dans la demande de brevet FR 2 549 916 comprend deux plateaux (l'un étant supposé fixe et l'autre étant supposé mobile par rapport au précédent) et six actionneurs constitués par six vérins
15 pneumatiques interposés entre les deux plateaux auxquels ils sont reliés de façon articulée.

Le dispositif décrit dans la demande de brevet FR 2 628 670 perfectionne le dispositif précédent en prévoyant six actionneurs motorisés électriquement, dont
20 chacun d'eux comprend une tige mobile longitudinalement qui est supportée par le plateau fixe et qui est déplacée par un moteur électrique individuel et une bielle interposée entre l'extrémité de la tige et le plateau mobile auxquels elle est reliée de façon articulée.

25 Ces deux dispositifs connus constituent des systèmes à six degrés de liberté (trois degrés en translation et trois degrés en rotation), qui présentent l'inconvénient de nécessiter la présence de six actionneurs, d'où un poids et un coût importants.

30 L'invention a essentiellement pour objet de remédier à ces inconvénients et de proposer une structure particulière pour un dispositif d'articulation, qui nécessite un nombre moindre d'actionneurs tout en offrant les mêmes possibilités de mobilité pour l'orientation de l'élément ou plateau mobile par rapport à
35 l'embase ou plateau fixe, et qui se révèle donc

globalement technologiquement plus simple, moins lourd et moins coûteux que les dispositifs précités.

A ces fins, il est proposé un dispositif d'articulation à structure parallèle comportant : une embase
5 fixe ; un élément mobile par rapport à l'embase et écarté de celle-ci ; plusieurs actionneurs interposés entre l'embase et l'élément mobile, chacun de ces actionneurs étant relié à l'élément mobile par une articulation et étant déplaçable individuellement avec
10 un mouvement concomittant (rapprochement ou éloignement) de l'articulation de l'actionneur sur l'élément mobile vis-à-vis de l'embase ; dispositif qui, étant agencé conformément à l'invention, se caractérise essentiellement en ce que
15 les actionneurs sont au nombre de quatre et en ce que l'élément mobile présente un point central de pivotement, situé entre les articulations des quatre actionneurs.

Dans un premier mode de réalisation possible, le
20 point central de pivotement est réel et constitué par une rotule interposée entre l'élément mobile et un appui de l'embase ; on peut alors prévoir que l'appui de l'embase associé à la rotule soit une tige saillante dont l'extrémité libre est solidaire de la rotule. Dans
25 l'un ou l'autre cas, l'appui de l'embase peut être fixe - ce qui conduit à un système redondant puisque l'élément mobile n'a que trois degrés de liberté en rotation tandis que quatre actionneurs sont présents- ou bien cet appui de l'embase peut être déplaçable pour modifier la
30 position du point central de pivotement entre l'embase et l'élément mobile- ce qui conduit à un système non redondant puisque l'élément mobile a quatre degrés de liberté (trois degrés en rotation et un degré en translation)-.

35 Dans un second mode de réalisation possible, le point central de pivotement est virtuel et constitué par

le point de concours de tous les axes des trois degrés de liberté en rotation des quatre actionneurs.

On peut en outre prévoir que, sur l'embase, les quatre actionneurs soient répartis en deux groupes de
5 deux actionneurs rapprochés l'un de l'autre ; par ailleurs, il est possible de faire en sorte que sur l'élément mobile, les articulations des quatre actionneurs soient réparties sur un cercle centré sur le point de pivotement et espacées angulairement
10 mutuellement d'environ 90°.

Dans un premier exemple de réalisation, chaque actionneur comprend :

- un organe allongé en forme de tige ou analogue supporté à coulissement longitudinal par l'embase,
- 15 - et une bielle de liaison de longueur fixe articulée à la fois à ladite extrémité déplaçable de l'organe allongé et à l'élément mobile.

Il est possible alors de faire en sorte que les quatre organes allongés en forme de tige ou analogue
20 soient approximativement mutuellement parallèles ; de préférence en outre, à chaque actionneur sont associés un dispositif de guidage en coulissement et un dispositif de détection d'élongation.

Dans un second exemple de réalisation, chaque
25 actionneur comprend une bielle de longueur fixe articulée à rotation sur l'élément mobile et sur l'extrémité libre d'une manivelle montée à rotation sur l'embase.

Un avantage important d'un dispositif d'articu-
30 lation agencé conformément à l'invention est qu'il peut aisément donner lieu à des structures de conceptions diverses, et en particulier qu'il est de fonctionnement réversible, c'est-à-dire que l'élément mobile peut être commandé (ou mené) -par exemple structure de poignet à
35 l'extrémité d'un bras manipulateur- ou bien menant -par exemple dans un système de recopie du type "maître-

esclave"-.

Dans ce contexte, dans une première série d'applications, l'embase supporte quatre moyens moteurs associés respectivement aux quatre actionneurs, ce grâce
5 à quoi le dispositif d'articulation est agencé pour que l'élément mobile puisse être déplacé en rotation et/ou pivotement par rapport à l'embase sous l'action de signaux de commande appliqués aux moyens moteurs. Les moyens moteurs peuvent alors être du type à déplacement
10 linéaire (moteurs électriques linéaires, vérins hydrauliques ou pneumatiques, transmissions mécaniques à crémaillère et vis sans fin, etc...) ou bien être du type rotatif (notamment moteurs électriques tournants), en concordance avec la structure propre des actionneurs.

15 Dans une seconde série d'applications, l'embase supporte quatre moyens détecteurs de déplacement associés respectivement aux quatre actionneurs et aptes à fournir des signaux de sortie représentatifs des déplacements effectués par les actionneurs respectifs
20 par rapport à l'embase, ce grâce à quoi le dispositif est agencé pour fournir des informations caractérisant le déplacement en rotation et/ou en pivotement de l'élément mobile par rapport à l'embase.

Le dispositif d'articulation conforme à
25 l'invention possède des performances de fonctionnement au moins identiques à celles des dispositifs antérieurs pour ce qui concerne les mobilités de l'élément mobile par rapport à l'embase fixe, alors même que le nombre des actionneurs a été ramené de six à quatre. La
30 géométrie globale du dispositif de l'invention diffère donc entièrement de celle des dispositifs antérieurs, même si les actionneurs peuvent, individuellement, rester les mêmes. L'adaptation du dispositif d'articulation en vue d'un fonctionnement actif (élément
35 mobile commandé) ou d'un fonctionnement passif (élément mobile menant) s'en trouve considérablement simplifiée,

de même que la conception, dans chaque cas, d'un dispositif agencé de façon précise pour répondre à des impératifs déterminés.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de
5 la description détaillée qui suit de certains modes de réalisation donnés uniquement à titre d'exemples non limitatifs. Dans cette description, on se réfère aux dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1 à 4 et 6 à 8 représentent, de
10 façon très schématique et en perspective, sept modes de réalisation différents d'un dispositif d'articulation agencé conformément à l'invention ;

- la figure 5 est une vue de dessus des modes de réalisation des figures 3 et 4, l'élément mobile étant
15 dans sa position moyenne et tous les actionneurs ayant la même longueur ; et

- les figures 9 et 10 sont deux vues, très schématiques et en perspective, de deux modes de réalisation constituant des systèmes de transmission de
20 mouvement du type "maître-esclave".

Les modes de réalisation des figures 1 à 8 sont représentés comme étant du type actif, par exemple pour constituer un poignet à trois axes de rotation, capable d'orienter un organe terminal, tel qu'un outil, de façon
25 quelconque dans l'espace. Un tel poignet est situé à l'extrémité d'un bras manipulateur qui assure, quant à lui, le positionnement.

En se référant tout d'abord à la figure 1, le dispositif d'articulation comprend une embase fixe 1
30 (par exemple sous forme d'un premier plateau), un élément mobile 2 (par exemple sous forme d'un second plateau) et quatre actionneurs 3 interposés entre l'embase 1 et l'élément mobile 2.

Chaque actionneur 3 comprend un organe allongé
35 mobile en forme de tige 4 ou analogue supporté à coulissement longitudinal (flèche 5) par l'embase 1 ;

dans l'exemple représenté, les tiges 4 sont sensiblement perpendiculaires au plateau formé par l'embase 1 et sont mutuellement parallèles, bien que ces dispositions ne soient pas impératives. L'organe allongé mobile 4 peut
5 être la tige d'un vérin hydraulique ou pneumatique, supporté par l'embase ; ou bien la tige 4 est mue par un moteur électrique linéaire 6 ; ou bien encore la tige 4 est agencée sous forme d'une crémaillère coopérant avec
10 un démultiplicateur à vis sans fin entraîné par un moteur électrique rotatif. D'autres solutions technologiques appropriées sont également envisageables.

Les tiges 4 sont regroupées deux par deux en des emplacements opposés de l'embase 1, par exemple diamétralement opposés si l'embase est discoïdale.

15 Des bielles 7 sont interposées entre les tiges 4 et l'élément mobile 2. Chaque bielle 7 est reliée à l'extrémité libre de la tige 4 correspondante par une liaison articulée dans l'espace, telle qu'une rotule ou une liaison à la Cardan 8 comme représenté. A son autre
20 extrémité, chaque bielle est raccordée à l'élément mobile 2 par une liaison articulée dans l'espace telle qu'une rotule 9. Les rotules 9 sont espacées angulairement d'environ 90° autour d'un point central 0 de l'élément mobile.

25 Enfin, l'élément mobile 2 présente un point central de pivotement situé en 0, entre les quatre articulations 9 ; le point central de pivotement peut être constitué par une rotule 10 située à l'extrémité d'un appui (par exemple une tige 11) solidaire de
30 l'embase 1.

L'agencement qui vient d'être décrit peut donner lieu à deux formes de réalisation.

Dans une première forme de réalisation, la
rotule 10 située au point central 0 de l'élément mobile
35 2 est maintenue à une distance fixe de l'embase 1 ;

autrement dit la tige 11 est fixe ou fixée et sa longueur est constante. L'élément mobile 2 n'a alors que trois degrés de liberté en rotation et, les actionneurs 3 étant au nombre de quatre, le système est redondant.

5 Cela signifie que le positionnement de trois points 8, par déplacement des trois tiges 4 correspondantes, suffit pour orienter de façon unique l'élément mobile 2. Par conséquent, la position du quatrième point 8 dépend de celle des deux autres. Il ne s'agit pas là d'un

10 inconvénient, mais au contraire d'un avantage du système de l'invention car ce quatrième actionneur permet d'éliminer les problèmes dus aux singularités et autorise ainsi une importante amplitude de déplacement angulaire de l'élément mobile. Ainsi, le dispositif d'articulation

15 à quatre actionneurs de l'invention permet d'écarter les inconvénients des dispositifs à trois actionneurs (inconvénients dus aux singularités qui sont inévitables avec ces dispositifs et qui restreignent considérablement leur volume de travail et donc leur intérêt). Ces dispositifs à trois actionneurs sont connus depuis longtemps,

20 mais en raison de leurs inconvénients, n'ont que rarement été développés. En outre, le dispositif d'articulation à quatre actionneurs de l'invention autorise un volume de travail supérieur à celui que

25 permettaient les dispositifs antérieurs à six actionneurs.

Dans une seconde forme de réalisation, la rotule 10 est déplaçable par rapport à l'embase 1 de manière que sa distance à cette dernière soit variable. Par

30 exemple la tige 11 est mobile longitudinalement par rapport à l'embase 1, en étant montée sur celle-ci par l'intermédiaire d'une glissière. L'élément mobile a donc quatre degrés de liberté (trois degrés de liberté en rotation et un degré de liberté en translation) et le

35 système n'est pas redondant. Dans ce cas, des singularités peuvent apparaître et restreindre un peu le volume

de travail du dispositif. Toutefois, une particularité essentielle de cette forme de réalisation est de conserver trois mobilités en rotation en cas de panne de l'un quelconque des actionneurs. On notera que le degré
5 de liberté supplémentaire introduit par la tige 11 déplaçable est purement passif puisqu'aucun actionneur n'est associé à cette tige 11.

Sous l'une ou l'autre forme de réalisation, la vocation essentielle (bien que non exclusive) du
10 dispositif d'articulation est de constituer un poignet possédant trois rotations, c'est-à-dire capable d'orienter de façon quelconque un organe terminal (outil par exemple).

La figure 2 représente une variante de réalisation du dispositif d'articulation conforme à l'inven-
15 tion. Dans la variante de la figure 2, on a conservé les mêmes références numériques pour désigner les organes identiques à ceux du dispositif de la figure 1. La conception générale du dispositif reste la même ;
20 toutefois la structure des actionneurs 3 a été modifiée et les tiges d'entraînement 4 à déplacement longitudinal sont remplacées par des organes rotatifs de la manière suivante : l'embase 1 supporte des moteurs rotatifs 12
(par exemple des moteurs électriques) dont l'arbre de
25 sortie entraîne en rotation une manivelle 13 qui, à son extrémité libre, est articulée en rotation en 14 à l'extrémité de la bielle 7 correspondante. En choisissant une longueur appropriée pour les manivelles
13, toute rotation de chacun des moteurs 12 se traduit
30 par un déplacement (rapprochement ou éloignement) de l'articulation 9 de l'élément mobile par rapport à l'embase 1, dans des conditions analogues à ce qui a été indiqué pour le dispositif de la figure 1.

A la figure 3, on a représenté de façon plus
35 détaillée un mode de réalisation concret d'un dispositif d'articulation dans sa version en système redondant (la

longueur de la tige centrale 11 est donc fixe) avec
moyens moteurs linéaires. Les organes identiques à ceux
de la figure 1 sont désignés par les mêmes références
numériques. Sur la figure 3, seul un actionneur 3 a été
5 représenté, les autres lui étant identiques.

Les moyens moteurs 6 à action linéaire (moteur-
réducteur et vis sans fin, vérin pneumatique ou hydrau-
lique) agissent sur la tige 4 mobile longitudinalement.
Ils sont associés à un dispositif de guidage en
10 coulisement 15, comportant un coulisseau 16 de section
carrée solidaire de la tige 4 engagé dans un fourreau 17
de section carrée solidaire de l'embase 1, ainsi qu'à un
dispositif de détection d'élongation 18 (par exemple de
type potentiométrique). Un plateau 19, solidaire de la
15 tige 4, supporte le coulisseau 16 du dispositif de
guidage 15 et la pièce mobile 20 du dispositif de
détection d'élongation 18 dont le corps 21 est fixé à
l'embase 1. De préférence, mais non obligatoirement, les
axes de la tige 4, du coulisseau 16 et du dispositif de
20 détection d'élongation 18 sont mutuellement sensiblement
parallèles et sensiblement perpendiculaires à l'embase
fixe 1 constituée sous forme d'un plateau.

La figure 3 montre, de façon plus claire que la
figure 1, la liaison de la bielle 7, d'un côté, avec la
25 tige 4 par l'intermédiaire d'un cardan 8 et, de l'autre
côté, avec l'élément mobile 2 par l'intermédiaire d'une
rotule 9.

De préférence, mais non obligatoirement, les
bielles 7 ont toutes la même longueur qui, bien entendu,
30 est constante.

A la figure 4 (sur laquelle on a repris les
mêmes références numériques qu'à la figure 3), on a
représenté une variante du dispositif précédent. Dans ce
cas, on prévoit un seul dispositif de guidage 15 qui
35 assure le guidage de l'ensemble du dispositif. A cet
effet, le dispositif 15 comprend une douille à billes

23a qui est supportée par un plateau intermédiaire 23b solidaire de l'embase 1, et donc fixe. La tige 4 liée au moteur 6 traverse la douille 23a dans laquelle elle est guidée. Le plateau intermédiaire 23b peut servir de support pour certains organes, par exemple le corps 21 du dispositif de détection d'élongation 18.

A la figure 5, on a représenté de façon plus détaillée un mode de réalisation concret d'un dispositif d'articulation dans sa version en système redondant (la longueur de la tige centrale 11 est donc fixe) avec moyens moteurs rotatifs. Les organes identiques à ceux de la figure 2 sont désignés par les mêmes références numériques. Sur la figure 5, seuls deux actionneurs ont été représentés, les autres leur étant identiques.

Les moyens moteurs 12 à action rotative, notamment des moteurs électriques, ont leur arbre de sortie 22 qui est solidaire d'une manivelle 13. L'extrémité libre de celle-ci est liée à l'extrémité de la bielle 7 par un cardan 14, tandis que l'autre extrémité de la bielle 7 est articulée par une rotule sphérique 9 sur l'élément mobile 2. Par ailleurs, chaque moteur 12 est couplé à un codeur 24 permettant de mesurer l'angle de rotation de l'arbre de sortie 22. Les axes de rotation des quatre moteurs sont de préférence, mais non obligatoirement, contenus dans un même plan, qui peut avantageusement être parallèle au plateau constituant l'embase 1.

De préférence, mais non obligatoirement, les bielles 7 ont toutes la même longueur.

La figure 6 est une vue schématique de dessus des dispositifs des figures 3, 4 et 5, qui permet de mieux comprendre le positionnement des centres de pivotement des rotules 9 et des cardans 8 ou 14. Sur cette figure 6, la ligne D passant par le point O représente l'axe (diamètre) de symétrie de la figure formée par le dispositif dans la position moyenne

présentée. Pour simplifier, on a supposé que toutes les bielles 7 avaient la même longueur et que l'élément mobile 2 était dans sa position moyenne non déviée (c'est-à-dire que l'élément mobile 2 et l'embase 1, étant constitués tous deux sous forme de plateaux, sont parallèles l'un à l'autre et les quatre actionneurs 3 ont alors la même longueur). Dans ces conditions, les quatre cardans 8 ou 14 ont leurs centres de pivotement situés dans un même plan, parallèle aux deux plateaux 1 et 2. Comme déjà mentionné plus haut et comme représenté à la figure 6, les quatre rotules sphériques 9 ont leurs centres mutuellement décalés d'environ 90°. Quant aux centres de pivotement des cardans, il est intéressant de les grouper deux par deux en des emplacements symétriques par rapport à la projection du point O (la configuration idéale serait que ces centres soient confondus deux par deux ; ils sont rendus distincts pour des raisons de faisabilité). Quant aux rayons r et R des cercles sur lesquels sont situés les centres des rotules 9 et des cardans 8 et 14, respectivement, ils n'ont aucune valeur préférentielle précise, si ce n'est que leurs valeurs respectives doivent être sensiblement du même ordre de grandeur.

Dans ce qui précède, il a été indiqué que les lignes d'action des moteurs linéaires étaient de préférence, mais non obligatoirement, parallèles entre elles. La figure 7 illustre un mode de réalisation dans laquelle cette condition n'est pas satisfaite et qui simplifie les liaisons au niveau des rotules 9 et des cardans 8 et 14. Dans ce contexte, les tiges 4, déplaçables longitudinalement par les moteurs, sont toutes inclinées de manière que leurs axes respectifs concourent au point O.

Cet agencement permet de simplifier notablement les liaisons articulées entre les tiges 4 et les bielles 7, d'un côté, et entre les bielles 7 et l'élément mobile

2, de l'autre côté, puisque dans chaque cas la liaison peut être restreinte à deux degrés de liberté. Il est ainsi possible de remplacer les rotules sphériques et cardans précédemment employés par de simples liaisons à
5 deux degrés de liberté du type roulement + chape.

Ainsi les tiges 4 peuvent non seulement coulisser longitudinalement, mais aussi tourner sur elles-mêmes (flèches 25) autour de leurs axes respectifs et leur liaison avec les bielles 7 correspondantes
10 s'effectuent par un simple pivot transversal 26. Par ailleurs, la liaison des bielles 7 avec l'élément mobile 2 s'effectue par l'intermédiaire de broches 27, montées à pivotement (flèche 28) sur l'élément mobile 2, auxquelles les bielles 7 sont raccordées par des pivots
15 29. On notera que les broches sont deux à deux opposées et coaxiales et disposées sur deux axes orthogonaux se coupant au point O.

On remarquera que la présence physique du pied central (rotule 10) n'est plus indispensable dans ce
20 mode de réalisation, puisque les articulations employées créent une rotule virtuelle en O. Toutefois, on pourra conserver le pied central afin de conférer à la structure une plus grande rigidité transversale.

On remarquera en outre que la rotule virtuelle O
25 ne peut plus être translatée selon l'axe central et qu'elle est donc fixe. Un tel mode de réalisation constitue donc impérativement un système redondant.

A la figure 8 est représentée encore une autre variante de réalisation mettant en oeuvre des tiges 30
30 entraînées en rotation sur elles-mêmes (flèches 31) autour de leurs axes longitudinaux respectifs, par des moyens moteurs appropriés non représentés (seules deux tiges étant montrées). Les axes de toutes les tiges 30 sont concourants en O (centre de l'articulation). Chaque
35 tige 30 entraîne une paire d'articulations tétraédriques 32 dont les deux articulations 33 (liaison rotative

entre la tige 30 et la membrure 35 de l'articulation tétraédrique) et 34 (liaison rotative entre la membrure 35 et l'élément mobile 2) ont leurs axes en permanence concourants en O. Là encore les articulations 34 entre
5 la membrure 35 et l'élément mobile 2 sont deux à deux opposées et coaxiales sur deux axes orthogonaux en O. Le dispositif est en fait constitué d'un ensemble d'articulations sphériques puisque chacun des centres des articulations 33 et 34 se déplace sur une sphère centrée en
10 O ; quelle que soit l'amplitude de la rotation imprimée par le moteur à chaque tige 30, les axes des articulations 33 et 34 restent constamment concourants en O.

L'intérêt de ce mode de réalisation réside dans le fait qu'il constitue un système redondant, conférant
15 un plus grand volume de déplacement pour l'élément mobile 2. En outre, il présente lui aussi une plus grande tolérance aux pannes puisque l'on conserve trois mobilités en rotation si un actionneur tombe en panne. Ce mode de réalisation est également particulièrement
20 remarquable par sa simplicité de réalisation puisqu'il ne met en oeuvre que des liaisons rotoïdes simples. Enfin, de même que dans le mode de réalisation de la figure 7, la présence physique du pied (rotule O) n'est plus indispensable.

25 Le dispositif d'articulation qui vient d'être décrit dans différents modes de réalisation possède les avantages des structures parallèles, à savoir qu'il allie les propriétés de rigidité et de légèreté (compromis qui est toujours difficile à trouver avec des
30 solutions de type série).

Par ailleurs, contrairement aux autres structures parallèles connues à trois degrés de liberté, c'est la seule qui permet de disposer l'ensemble des moteurs sur une embase fixe tout en autorisant un grand
35 volume de travail dans lequel les singularités sont absentes (cas des modes de réalisation redondants) ou

5 tout au moins restreintes (cas des modes de réalisation non redondants). Pour ce qui concerne les modes de réalisation non redondants, il s'agit de la seule structure parallèle à quatre actionneurs capable de continuer à fonctionner en cas de panne d'un actionneur (par "fonctionner", on entend qu'elle garde trois mobilités en rotation), ce qui est d'un grand intérêt dans de nombreuses applications, notamment dans le domaine spatial.

10 Le dispositif d'articulation qui a été décrit a pour principale application la réalisation d'un poignet à trois rotations. Il est donc notamment utilisable comme poignet d'un bras manipulateur.

15 Connaissant l'application souhaitée, il est possible de calculer, à l'aide d'un modèle géométrique inverse, les positions désirées des différents actionneurs linéaires ou bien les positions angulaires des différents actionneurs rotatifs, puis de réaliser un asservissement de chacun des actionneurs à ces valeurs calculées.

20 Il est toutefois également envisageable de mettre en oeuvre le dispositif d'articulation de l'invention dans un processus de fonctionnement inversé, c'est-à-dire un mode de téléopération qui fait intervenir un robot "maître" et un robot "esclave". Le robot "maître" est manipulé par un opérateur humain et transmet les consignes de positions pour le robot "esclave". Le robot "maître" peut être un simple manche à un degré de liberté, mais aussi un système à six 25 degrés de liberté. Une solution intermédiaire, souvent préconisée, consiste à utiliser un dispositif possédant deux ou trois degrés de liberté et, dans ce contexte, le dispositif de l'invention peut être avantageusement utilisé, car ses propriétés de légèreté ainsi que son 30 grand volume de travail le prédisposent à de telles applications ; en outre, la réversibilité de son mode de

fonctionnement permet de réaliser, sur le même principe de conception, le dispositif d'articulation du robot "esclave" et le dispositif d'articulation du robot "maître".

5 On a représenté schématiquement, à la figure 9, un tel agencement. Le dispositif d'articulation 36 du robot "esclave" est conçu conformément à l'un des modes de réalisation précédemment décrit, par exemple conformément au mode de réalisation de la figure 1, avec des
10 actionneurs à tiges de commande 4 déplacées linéairement par des moteurs électriques 6. Le dispositif d'articulation 37 du robot "maître" est conçu de la même manière, à ceci près que les moteurs 6 associés aux tiges de commande 4 sont remplacés par des détecteurs de déplacement
15 38 qui convertissent tout déplacement longitudinal des tiges 4 correspondantes en un signal électrique proportionnel. Une liaison électrique quadrifilaire 39 est établie entre le robot "maître" et le robot "esclave" pour relier respectivement les détecteurs 38
20 aux moteurs 6, cette liaison pouvant éventuellement comporter des circuits 40 de traitement des signaux (mise en forme, amplification, filtrage, etc.). L'orientation de l'élément mobile 2 du robot "maître", imposée manuellement par l'opérateur, se traduit par des
25 déplacements respectifs des tiges 4 qui sont détectés et convertis en signaux électriques, lesquels commandent alors les moteurs électriques 6 du dispositif d'articulation du robot "esclave" pour provoquer une orientation concomittante et correspondante de l'élément
30 mobile 2 de celui-ci. Pour cette commande, on utilise un modèle géométrique direct et les calculs peuvent avantageusement être programmés sur un microordinateur, ce qui conduit à des appareillages qui sont à la fois très performants et peu encombrants.

35 Enfin, il est également possible de réaliser une

commande à distance de type plus simple que la précédente, de conception purement mécanique. Pour ce faire, on a recours à deux dispositifs d'articulation tels que celui de la figure 1, dépourvus de tout moyen moteur 6, 5 et dont les tiges de commande 4 sont respectivement accouplées par une transmission mécanique directe. Un tel agencement est représenté à la figure 10. Les deux dispositifs d'articulation 41 sont identiques et la transmission mécanique directe 42 est constituée par 10 quatre organes de transmission d'efforts travaillant aussi bien en traction qu'en compression. Ces organes peuvent être de type rigide ou souple. Un tel agencement est utilisable, notamment dans le domaine de l'aéronautique, pour transmettre un mouvement à trois degrés de 15 liberté et son intérêt réside dans le grand volume de travail autorisé, sans aucune singularité.

Comme il va de soi et comme il résulte d'ailleurs déjà de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes d'application et de réalisation qui ont été plus particulièrement envisagés ; 20 elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif d'articulation à structure parallèle comportant : une embase fixe (1) ; un élément (2) mobile par rapport à l'embase (1) et écarté de celle-ci ; plusieurs actionneurs (3) interposés entre l'embase (1) et l'élément mobile (2), chacun de ces actionneurs étant relié à l'élément mobile par une articulation (9) et étant déplaçable individuellement avec un mouvement concomittant (rapprochement ou éloignement) de l'articulation (9) de l'actionneur (3) sur l'élément mobile (2) vis-à-vis de l'embase (1), caractérisé en ce que les actionneurs (3) sont au nombre de quatre et en ce que l'élément mobile (2) présente un point central de pivotement (0), situé entre les articulations (9) des quatre actionneurs.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le point central de pivotement (0) est réel et constitué par une rotule (10) interposée entre l'élément mobile (2) et un appui de l'embase (1).

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'appui de l'embase (1) associé à la rotule (10) est une tige saillante (11) dont l'extrémité libre est solidaire de la rotule (10).

4. Dispositif selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que l'appui de l'embase (1) est fixe (système redondant).

5. Dispositif selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que l'appui de l'embase (1) est déplaçable pour modifier la position du point central de pivotement entre l'embase et l'élément mobile (système non redondant).

6. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le point central de pivotement (0) est virtuel et constitué par le point de concours de tous les axes des trois degrés de liberté en rotation des quatre actionneurs.

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que, sur l'embase (1), les quatre actionneurs (3) sont répartis en deux groupes de deux actionneurs rapprochés l'un de l'autre.

5 8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que, sur l'élément mobile (2), les articulations (9) des quatre actionneurs sont réparties sur un cercle centré sur le point de pivotement (0) et espacées angulairement mutuellement
10 d'environ 90°.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que chaque actionneur (3) comprend :

- un organe allongé en forme de tige ou analogue (4)
15 supporté à coulissement longitudinal par l'embase (1),
- et une bielle de liaison (7) de longueur fixe articulée à la fois à ladite extrémité déplaçable de l'organe allongé (en 8) et à l'élément mobile (en 9).

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les quatre organes allongés en forme de tige ou analogue (4) sont approximativement mutuellement
20 parallèles.

11. Dispositif selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce qu'à chaque actionneur (3) sont
25 associés un dispositif de guidage en coulissement (15, 23a) et un dispositif de détection d'élongation (18).

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que chaque actionneur (3) comprend une bielle (7) de longueur fixe articulée à
30 rotation sur l'élément mobile (2) et sur l'extrémité libre d'une manivelle (13) montée à rotation sur l'embase (1).

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que l'embase (1)
35 supporte quatre moyens moteurs (6, 12) associés respectivement aux quatre actionneurs (3), ce grâce à quoi le

dispositif d'articulation est agencé pour que l'élément mobile puisse être déplacé en rotation et/ou pivotement par rapport à l'embase sous l'action de signaux de commande appliqués aux moyens moteurs.

5 14. Dispositif selon la revendication 13 et l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que les moyens moteurs (6) sont du type à déplacement linéaire.

10 15. Dispositif selon les revendications 13 et 12, caractérisé en ce que les moyens moteurs (12) sont du type rotatif.

15 16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que l'embase (1) supporte quatre moyens détecteurs de déplacement (38) associés respectivement aux quatre actionneurs (3) et aptes à fournir des signaux de sortie représentatifs des déplacements effectués par les actionneurs respectifs par rapport à l'embase, ce grâce à quoi le dispositif est agencé pour fournir des informations
20 caractérisant le déplacement en rotation et/ou en pivotement de l'élément mobile par rapport à l'embase.

17. Appareil de transmission de mouvement à distance du type "maître-esclave", caractérisé en ce qu'il comprend :

- 25 - un dispositif "maître" (37) selon la revendication 16,
- un dispositif "esclave" (36) selon l'une quelconque des revendications 13 à 15,
- et des moyens de liaison (39, 40) pour relier chaque détecteur du dispositif "maître" à un moyen moteur
30 correspondant du dispositif "esclave".

18. Appareil de transmission directe de mouvement à distance, caractérisé en ce qu'il comprend deux dispositifs d'articulation (41) selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 et quatre organes
35 de transmission d'effort (42) travaillant en traction et en compression raccordés mécaniquement chacun à deux

actionneurs appartenant respectivement aux deux
dispositifs d'articulation (41).

FIG.1.

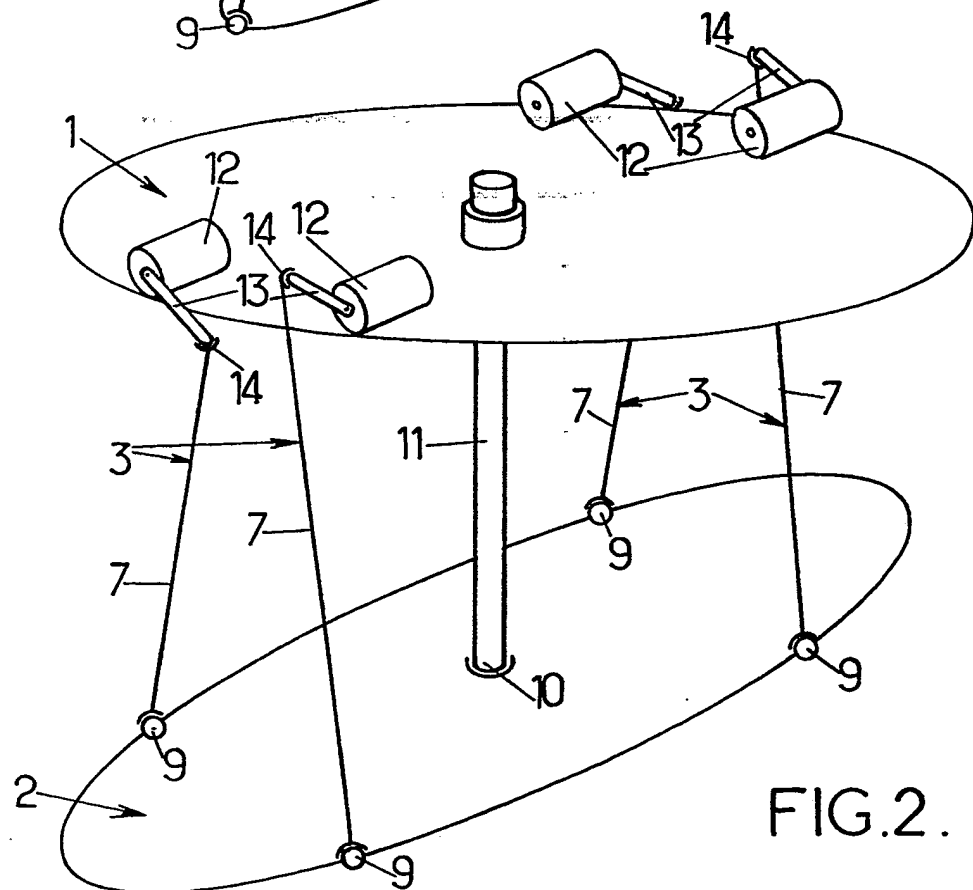
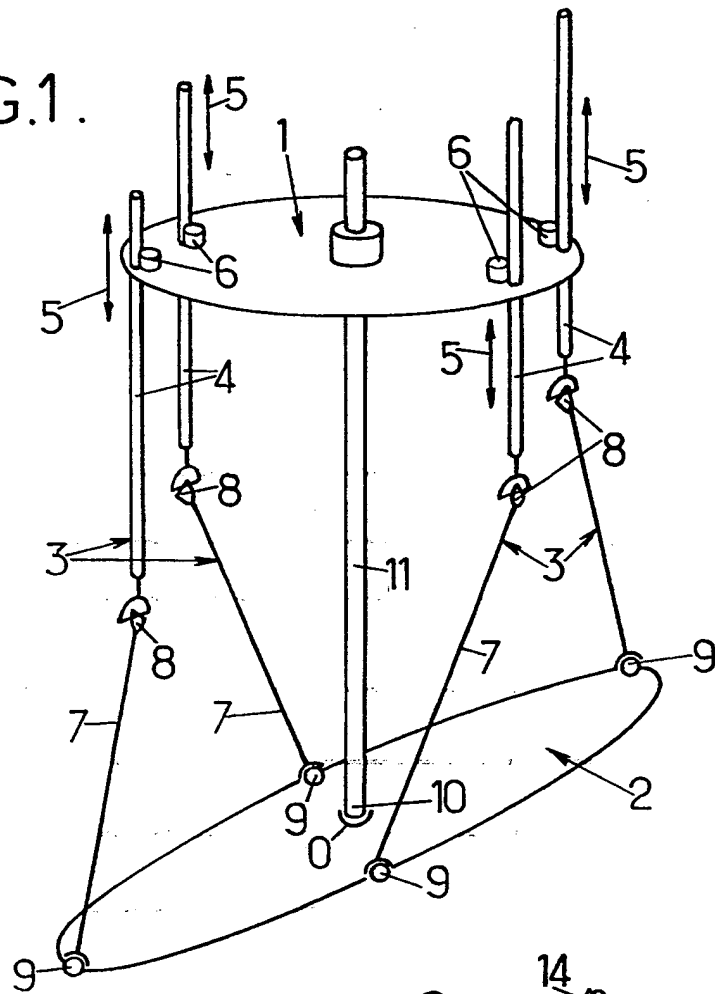


FIG.2.

FIG.3.

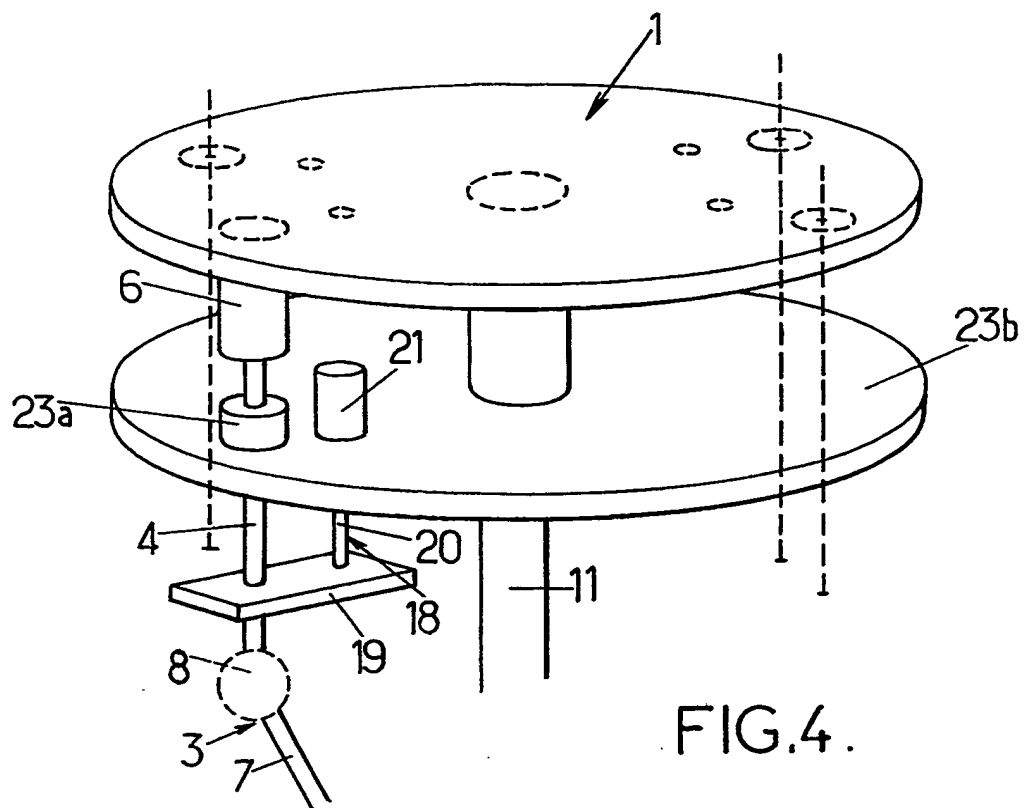
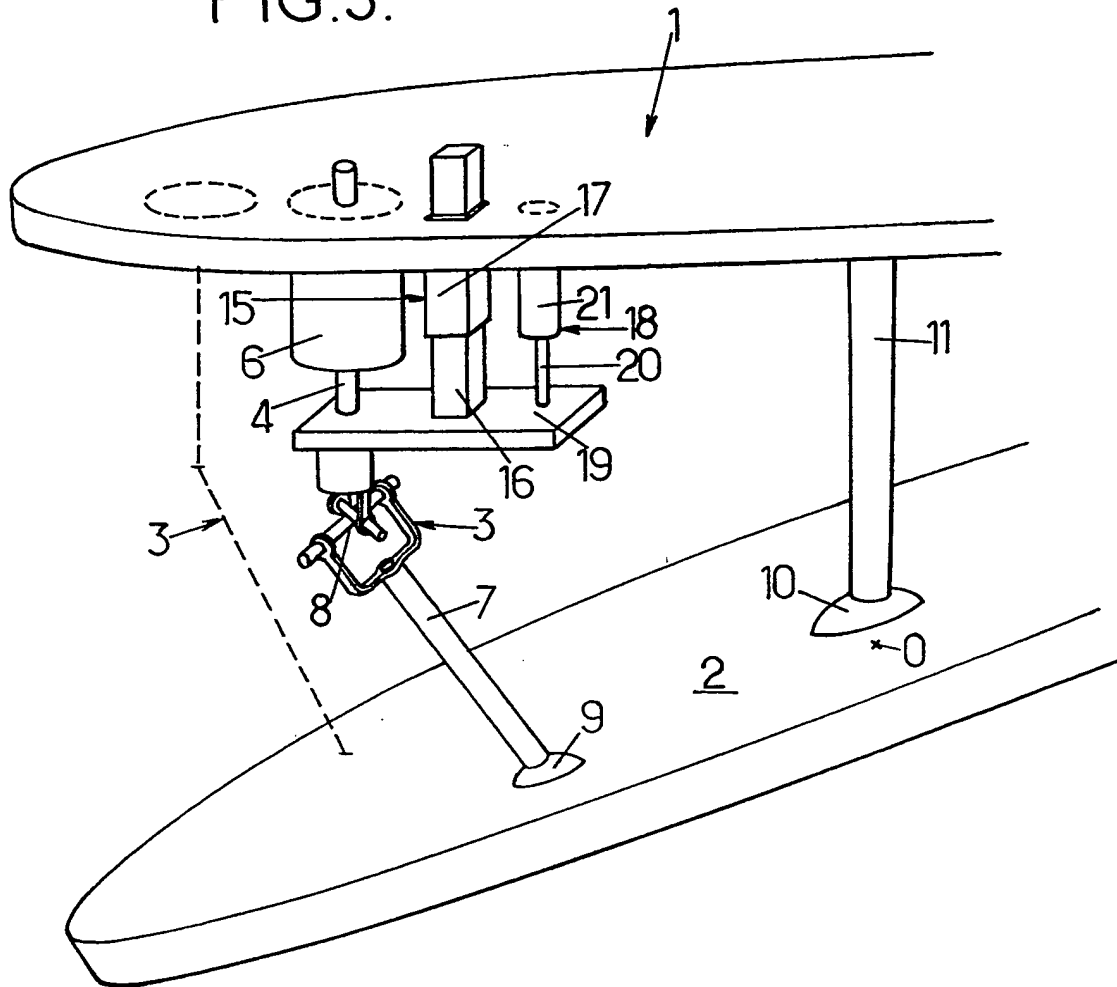


FIG.4.

FIG.5.

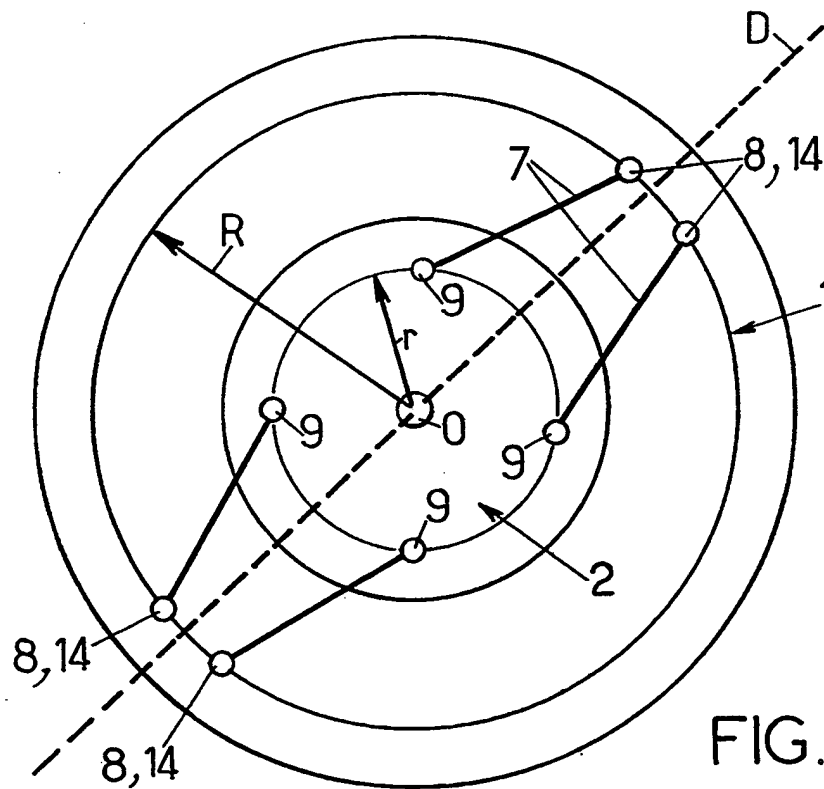
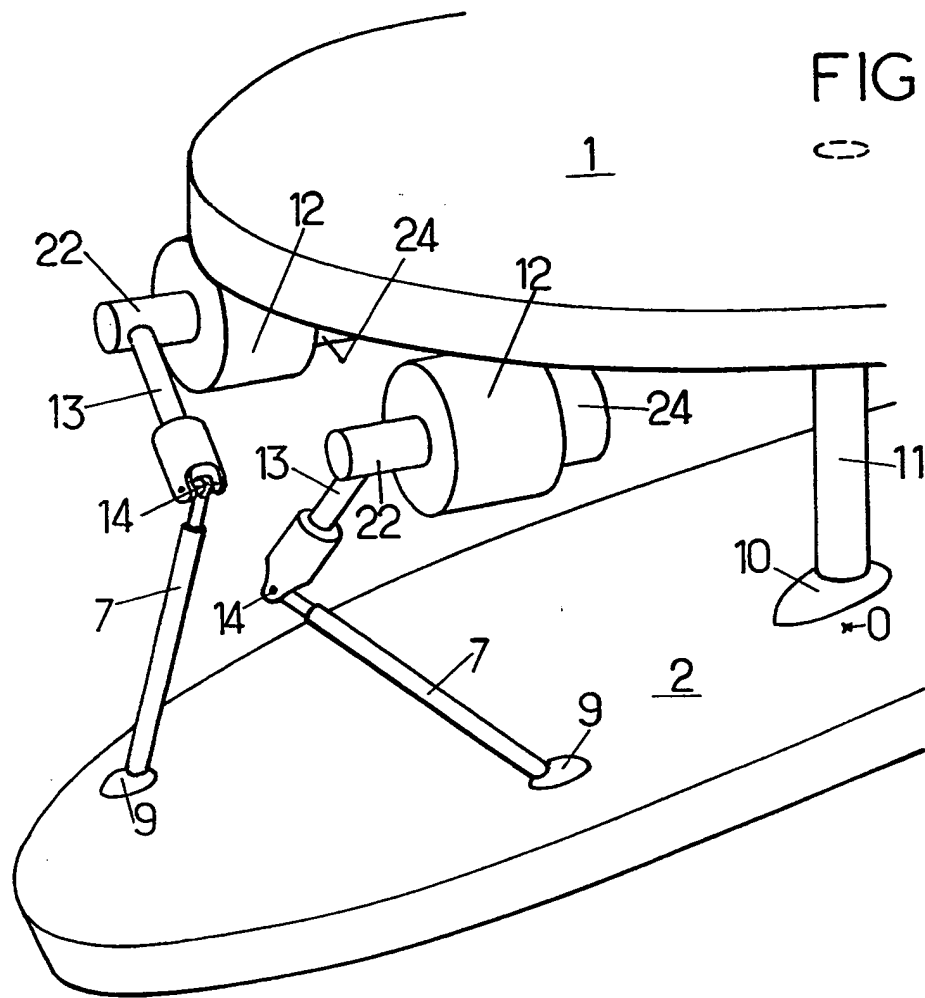


FIG.6.

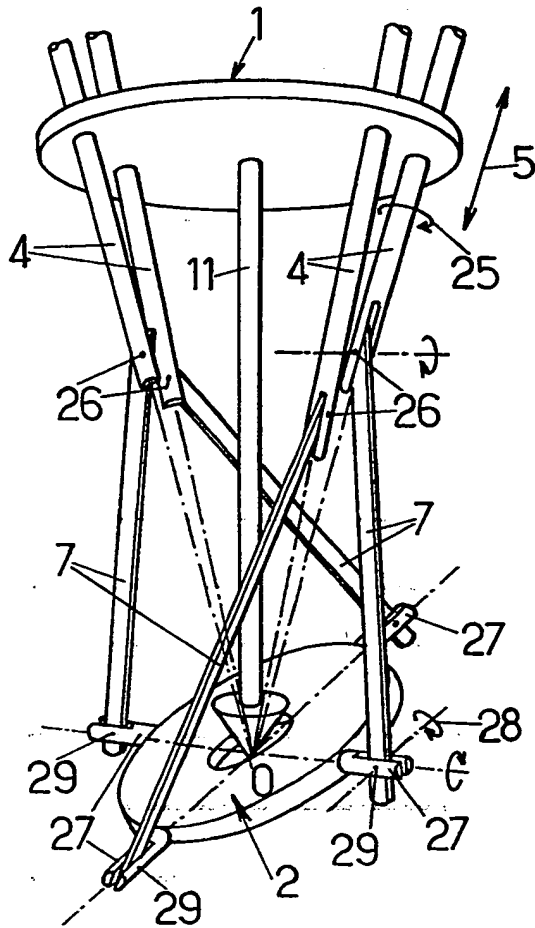


FIG. 7.

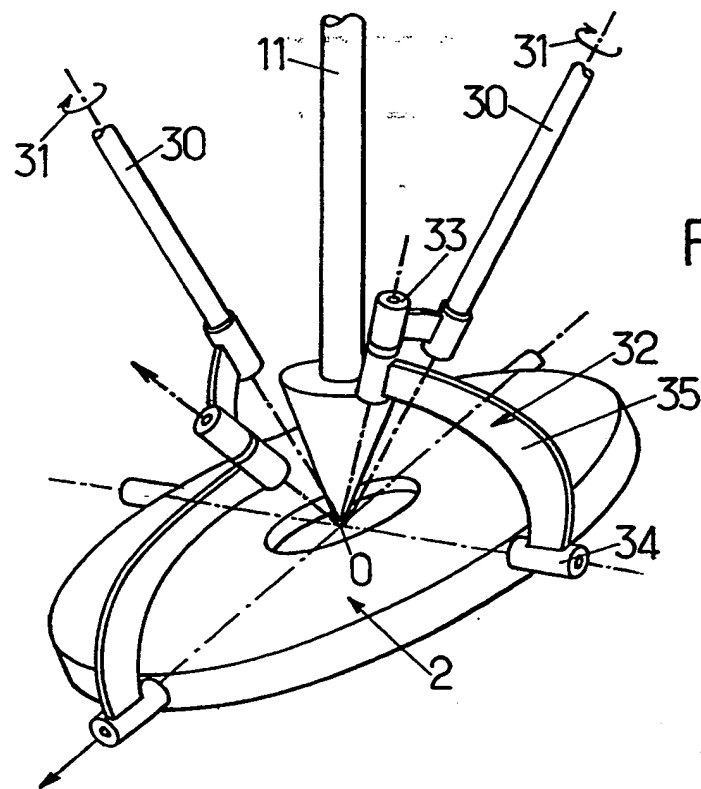


FIG. 8.

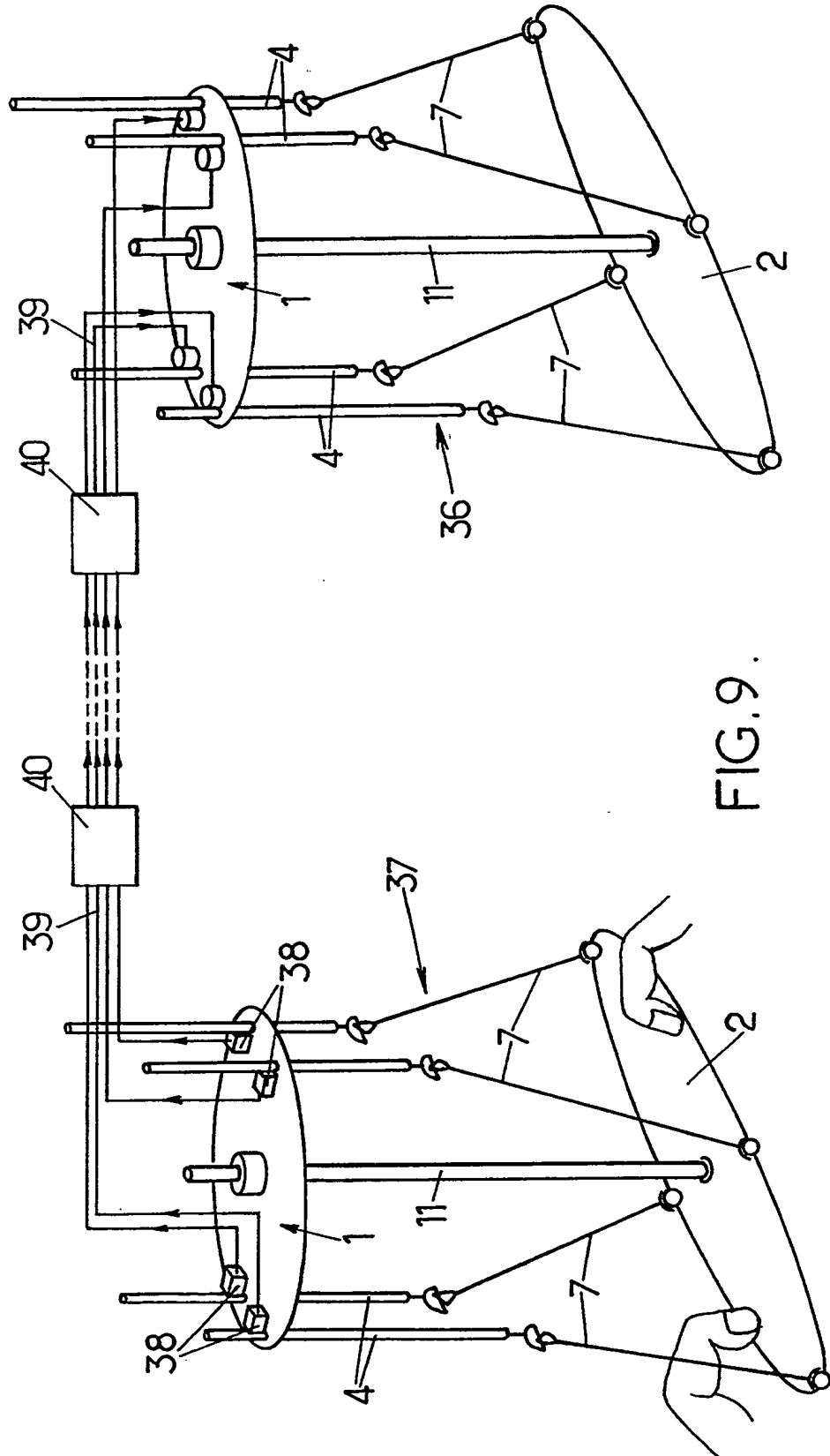
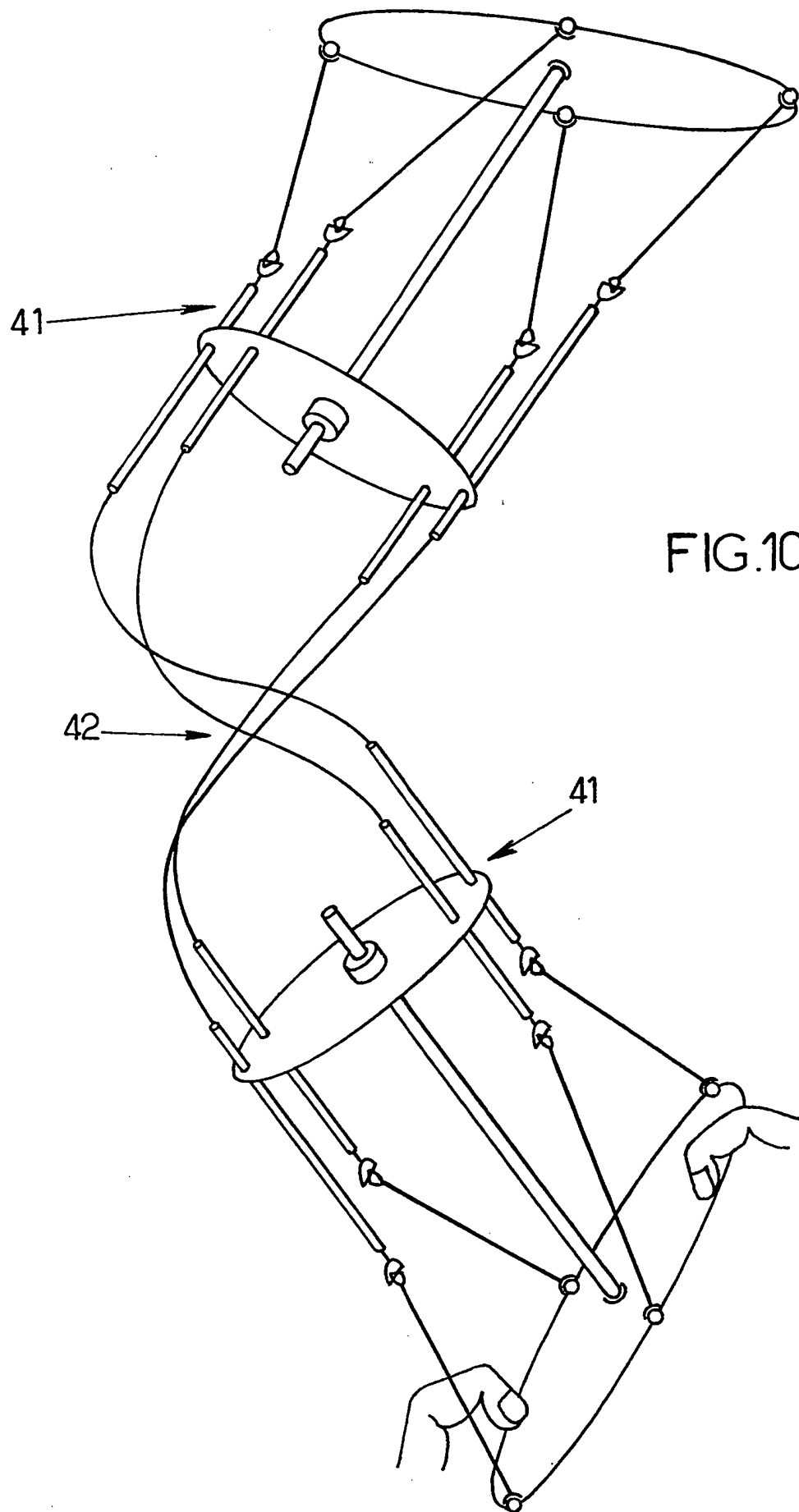


FIG. 9.



INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FR 9101823
FA 453806
Page 1

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	EP-A-0 165 635 (C.N.R.S.) * page 6, ligne 8 - ligne 36 *	1-4,8
Y	---	5,9-15, 17
Y	US-A-4 666 362 (LANDSBERGER) * colonne 3, ligne 54 - colonne 4, ligne 4 *	5
Y,D	FR-A-2 628 670 (INRIA) * page 11, ligne 4 - page 12, ligne 4 *	9-11,13, 14
Y	US-A-4 954 952 (UBHAYAKAR) * colonne 7, ligne 21 - ligne 29 *	12,15
Y	FR-A-1 240 873 (VYZKUMNY A ZKUSEBNI LETECKY USTAV LETNANY U PRAHY) * page 1, colonne 2, ligne 35 - page 2, colonne 1, ligne 44 *	17
A	---	16,18
X	GB-A-1 374 997 (INTERNATIONAL RESEARCH AND DEVELOPMENT COMPANY) * page 1, ligne 88 - page 2, ligne 19 *	1-4,8
A	---	10
X	US-A-4 489 826 (DUBSON) * colonne 4, ligne 7 - colonne 5, ligne 54 *	1-4,8
A	---	9-11,14
X	US-A-4 751 821 (BIRCHARD) * colonne 13, ligne 1 - ligne 42 *	1,2,4,13
A	GB-A-980 044 (BELL PRECISION ENGINEERING COMPANY) * page 3, ligne 2 - ligne 74 *	9,13
A	US-A-4 216 467 (COLSTON) * le document en entier *	16
Date d'achèvement de la recherche 03 OCTOBRE 1991		Examineur LAMMINEUR P. C. G.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLERAPPORT DE RECHERCHE
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la rechercheFR 9101823
FA 453806
Page 2

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée		
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes			
A	US-A-3 587 872 (PAULY) * colonne 2, ligne 1 - ligne 38 * ---	18		
A	JP-B-5 026 826 (...) -----			
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)		
Date d'achèvement de la recherche 03 OCTOBRE 1991		Examineur LAMMINEUR P. C. G.		
<table><tr><td>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</td><td>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</td></tr></table>			CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire	T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire	T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			